

# Impacto da secagem com microondas sobre o perfil sensorial de amêndoas de noz macadâmia

## *Impact of microwave drying on the sensory profile of macadamia nuts*

Flávio Alves da SILVA<sup>1</sup>, Guilherme José MAXIMO<sup>1</sup>, Antonio MARSALIOI Jr.<sup>1\*</sup>,  
Maria Aparecida Azevedo Pereira da SILVA<sup>2</sup>

### Resumo

Avaliou-se o impacto da secagem com microondas sobre o perfil sensorial de noz macadâmia e comparou-se ao perfil sensorial de noz macadâmia seca convencionalmente, através da realização de análise descritiva quantitativa. O estudo ainda compreendeu a análise da alteração desses perfis após seis meses de armazenamento. Foram utilizadas sete amostras de noz macadâmia secas com microondas e uma seca convencionalmente. Os testes conduzidos após o processamento indicaram que a amêndoa seca convencionalmente apresentou maior gosto de ranço. Para os demais atributos, os tratamentos que utilizaram microondas não diferiram significativamente, em geral, do convencional. As amostras submetidas a microondas não apresentaram diferença estatística entre si, exceto para o atributo aroma de noz. Após seis meses foram observados resultados semelhantes aos encontrados no tempo inicial. Quanto à alteração do perfil sensorial das amostras observou-se perda de intensidade dos atributos sensoriais relativos à textura e intensificação dos atributos relativos à percepção do ranço. Foi possível concluir que, do ponto de vista sensorial, o uso de microondas é viável, pois conduziu a produto semelhante ao convencional. A utilização desta forma de energia conduziu a menores tempos de secagem proporcionando menor impacto, principalmente, na rancificação da noz quando comparado ao produto convencional.

**Palavras-chave:** secador a microondas; atributos sensoriais; análise descritiva quantitativa.

### Abstract

The impact caused by microwave drying on the sensory profile of macadamia nuts as opposed to the effects of the conventional drying process was evaluated by means of a quantitative descriptive analysis. Modifications of the sensory profile after a six-month storage period were also analyzed. The study involved seven samples of microwave-dried macadamia nuts and one sample of conventionally dried nuts. Post-processing tests indicated that the conventionally dried nuts tasted more rancid. As for the other characteristics of the nuts, no significant differences were found between the microwave and conventional drying processes. The microwave-dried samples showed no statistically significant difference from one another except in their aroma. The results after the six-month storage period were similar to those found immediately after processing. As for modifications in the samples' sensory profile, there was a loss of intensity of the sensory attributes of texture and an increase in the sensory attributes of rancidity. From the sensory standpoint, it was concluded that the use of microwave-drying is viable, since the resulting product is similar to the conventionally dried one. The use of this type of energy reduced the drying time and therefore the impact on the product, particularly in terms of rancidity, when compared to the conventionally dried product.

**Keywords:** microwave dryer; sensory attributes; quantitative descriptive analysis.

## 1 Introdução

A noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betche) é uma árvore da família Proteaceae, originária das florestas tropicais da Austrália, cuja noz é considerada a mais saborosa entre as nozes comercializadas no mundo. A árvore produz nozes comestíveis utilizadas para o consumo "in natura", fabricação de cosméticos e em confeitaria. A noz macadâmia é uma fonte riquíssima de gordura, de qualidade comparável à do óleo de oliva. Por isso, tornou-se lucrativa para quem a cultiva.

A noz macadâmia foi introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo em 1948, visando adaptar a planta às condições do Estado, desenvolvendo e testando

variedades, no sentido de viabilizar a exploração da cultura<sup>16</sup>. Atualmente o País possui 6.000 hectares plantados com produção estimada de 2.000 toneladas de noz em casca, volume adequado para a idade dos pomares brasileiros. A maior parte da área em cultivo foi plantada a partir da década de 80 nos estados de São Paulo, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Dentro deste conceito de qualidade, a macadâmia deve ser cuidadosamente beneficiada após a colheita, cujo processo é composto resumidamente pelas operações de recebimento, descarpelamento, seleção, higienização, secagem, quebra da noz, separação amêndoa-casca, classificação, embalagem e expedição. De todas as operações citadas, a secagem é considerada uma das principais, pois a condução inadequada desta fase poderá acarretar graves danos ao produto final "amêndoa".

TOLEDO PIZA<sup>23</sup> relata que no Brasil e em outros países, a secagem da noz macadâmia é feita em silos secadores com sistema automático de controle de temperatura e dura até 6 dias, ocorrendo da seguinte forma: nos primeiros dois dias é utilizada uma temperatura igual à 40 °C, depois 50 °C e, nos dois últimos dias, a temperatura é elevada a 60 °C, ou seja, reduzirá a umidade da noz em casca a 3,5% b.s. (1,5% b.s. na amêndoa). Este mesmo autor diz ainda que, quando a noz

Recebido para publicação em 27/7/2006

Aceito para publicação em 18/7/2007 (001804)

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos – DEA,  
Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA,  
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,  
Rua Monteiro Lobato, 80, CP 6121, CEP 13083-862, Campinas - SP, Brasil,  
E-mail: tonymars@fea.unicamp.br

<sup>2</sup> Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição,  
Faculdade de Engenharia de Alimentos,  
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,  
Rua Monteiro Lobato, 80, CP 6121, CEP 13083-862, Campinas - SP, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

macadâmia chega à indústria processadora, a sua umidade está em torno de 8-12% (b.s.).

A amêndoa é rica em óleos mono insaturados, que são disputados pela indústria de cosméticos na composição de hidratantes e por laboratórios farmacêuticos como redutor dos níveis de colesterol. Os ácidos graxos normalmente relacionados em nozes macadâmia são: mirístico (0,6-1,8%), palmítico (7-24%), palmitoléico (15-30%), esteárico (2-5%), oléico (40-65%), linoléico (1,4-4,5%) e araquídico (1,2-4,5%)<sup>4,7,8,10,13</sup>. MASON e WILLS<sup>12</sup> relataram que a quantidade de óleo da *Macadamia integrifolia* varia entre 66,3 e 81,2%, com umidades entre 1 e 1,5% b.s., dependendo da variedade, da natureza, das práticas de cultivo, etc. O óleo pode ser ainda utilizado para cozinhar ou para temperar saladas. A macadâmia tem sido muito consumida como aperitivo quando salgada e torrada, acreditando-se que mais da metade da produção mundial acabe torrada, para servir de acompanhamento a bebidas em reuniões sociais, sendo também excelente para bolos, biscoitos, confeitos de chocolate e doces<sup>23</sup>.

A energia de microondas é uma fonte ímpar de energia porque ela cria calor dentro dos materiais processados. Esta propriedade resulta em tempos de processamento mais curtos, maior rendimento do produto final e usualmente em uma qualidade superior que a encontrada com técnicas convencionais de processamento<sup>6</sup>. BERTELI e MARSAIOLI<sup>3</sup>, relataram que o tempo de secagem de macarrão curto seco mediante a combinação de ar quente e microondas foi treze (13) vezes menor quando comparado com o processo convencional de secagem. Foi também testado recentemente por SILVA e MARSAIOLI<sup>19</sup>, o uso de energia de microondas combinada com ar quente na secagem de amêndoas de castanha do Brasil, e os tempos de secagens obtidos foram bem menores, em relação ao tempo gasto na secagem convencional, tendo-se conseguido manter a preservação do produto final por até seis meses. Já SOUSA et al.<sup>20</sup>, estudaram o uso de microondas na secagem de bananas da variedade nanicao e concluíram que os níveis de aceitação sensorial das amostras processadas por microondas foram bem superiores aos das amostras comerciais (nacionais e importadas), bem como aos das amostras processadas por processo convencional de secagem. Já MARSAIOLI et al.<sup>11</sup>,

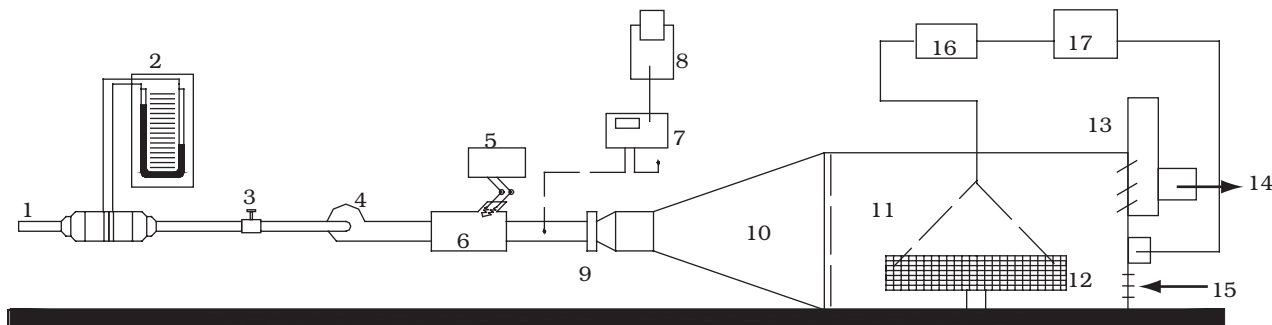
concluíram que microondas e ar quente na secagem de café cereja descascado promoveram uma redução substancial no tempo de secagem e um melhor controle dos parâmetros do processo, tais como a uniformidade e a estrutura dos grãos, levando a uma qualidade superior.

A avaliação sensorial dos alimentos pode ser realizada por métodos descritivos, discriminativos e por métodos afetivos. Os métodos descritivos geram o perfil sensorial do produto em questão, quantificando a intensidade das suas características sensoriais. A análise descritiva quantitativa (ADQ) é um exemplo deste método de análise<sup>21</sup>. Tal método avalia a intensidade dos atributos sensoriais presentes no produto através de uma escala que, via de regra, é um escala não estruturada de 9 cm ancorada em seus extremos com palavras que indicam intensidade. A ADQ foi desenvolvida por STONE et al.<sup>22</sup>, da Tragon Corporation, EUA. Através desse método é possível descrever e quantificar os atributos associados ao produto (conforme aparência, aroma, sabor e textura). A ADQ é desenvolvida com base nas seguintes etapas: i) pré seleção dos provadores; ii) desenvolvimento da terminologia descritiva; iii) treinamento e seleção dos provadores; iv) testes sensoriais finais; e v) análise estatística dos resultados.

## 2 Material e métodos

A matéria-prima para a secagem com microondas e ar quente foi a noz macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betche), descarpelada, com uma umidade média em torno de 10% (b.s.), que foi fornecida pela Queen Nut Macadâmia, sediada em Dois Córregos - SP. Foram fornecidas, também pela mesma empresa, amêndoas secas convencionalmente com umidade em torno de 1,5% (b.s.). Ambas as amostras foram do mesmo lote de produção. O método utilizado na determinação de umidade das amostras de amêndoa de noz macadâmia foi o de nº 92540 – Umidades em Nozes e Produtos de Nozes<sup>1</sup>.

Foram realizados sete ensaios de secagem aplicando microondas e ar quente, seguindo o método do planejamento experimental<sup>2</sup>. Os ensaios foram realizados em forno de microondas adaptado (Figura 1)<sup>18</sup>.



**Figura 1.** Adaptação de forno de microondas doméstico: 1) entrada de ar; 2) manômetro; 3) válvula; 4) ventilador; 5) controlador de temperatura; 6) aquecedor elétrico; 7) indicador de temperatura; 8) registrador de temperatura; 9) conector rápido; 10) difusor de ar; 11) cavidade de microondas; 12) cesto de produto; 13) janela de exaustão; 14); saída de ar; 15) ar de resfriamento do gerador de microondas; 16) sensoriamento infravermelho; e 17) temperatura de set point do controlador para chavear o sistema liga/desliga do magnetron.

Após a secagem da noz macadâmia em casca, as amêndoas foram extraídas e embaladas a vácuo em sacos transparentes [composto de NYLON/polietileno de baixa densidade (PEBD)] e armazenadas durante seis meses em prateleiras em condições ambientes (temperatura em torno de  $25 \pm 3$  °C). Durante esse período foram realizadas as avaliações propostas. As amêndoas obtidas da noz macadâmia seca convencionalmente foram embaladas e armazenadas da mesma forma. As amêndoas secas com aplicação de microondas e ar quente foram codificadas como: MW1, MW2, MW3, MW4, MW5, MW6 e MW7, sendo o código CVL atribuído à amostra seca convencionalmente.

A Tabela 1 traz os resultados dos ensaios de secagem da noz macadâmia em casca com aplicação de microondas e ar quente, realizados no forno de microondas adaptado (Figura 1). A massa inicial da noz foi fixada em 0,9 kg durante todos os ensaios, a potência de microondas utilizada nos ensaios foi de 300 W e a vazão do ar de entrada e a velocidade do ar foram fixadas em  $2,8 \text{ m}^3/\text{min}$  e  $1,0 \text{ m/s}$ , respectivamente. Os processos de secagem foram conduzidos até a umidade das nozes-em-casca atingir um valor próximo de 3,7% b.s., ou seja, até as amêndoas alcançarem umidade em torno de 1,5% b.s.

Os perfis sensoriais das amostras foram gerados através de análise descritiva quantitativa (ADQ)<sup>21</sup>. As informações geradas nesta etapa da pesquisa permitiram conhecer: i) o impacto de cada tratamento de secagem por microonda sobre o perfil sensorial da amêndoa macadâmia; e ii) a estabilidade do perfil sensorial de cada tratamento após armazenamento do produto por seis meses.

Um corpo de provadores foi escolhido para compor a equipe descritiva. Para se avaliar o poder discriminativo de cada voluntário, foi utilizado teste de diferença do controle em três repetições. Os resultados foram avaliados através da análise de variância (ANOVA)<sup>15</sup> individual de cada provador. Foram aceitos provadores que apresentaram poder discriminativo associado a um  $pF_{\text{amostra}} \leq 0,30$ .

O desenvolvimento da terminologia descritiva foi realizado através do método de Rede: "Kelly Grid Repertory Method"<sup>14</sup>. Foram utilizadas para esta avaliação as oito amostras em estudo e amostras adicionais de amêndoas secas e armazenadas em diferentes condições e períodos de tempo. A lista de termos consensuais desenvolvida nesta etapa serviu de base para a definição da ficha de avaliação das amostras. Esta ficha foi elaborada associando-se a cada descritor uma escala não estruturada de 9 cm ancorada nos extremos em termos de

intensidade. Os provadores, também de forma consensual, elaboraram uma lista de definições de cada termo descritivo desenvolvido, bem como materiais de referência que auxiliaram na percepção das características sensoriais do produto avaliado. Finalmente, para cada descritor gerado, referências de intensidade foram também desenvolvidas para ancorar os extremos das escalas de intensidade visando treinamento mais adequado, bem como menor variabilidade dos provadores no uso das escalas (Tabela 2).

Pelo treinamento, os provadores foram estimulados a desenvolver sua memória sensorial para a realização dos testes posteriores e a expressarem suas percepções sensoriais em faixas similares das escalas de intensidade. Após seis meses foi realizado novo treinamento com a equipe sensorial.

Depois do treinamento foi realizado o teste de seleção, que consistiu em solicitar que cada provador avaliasse através da ficha descritiva gerada, três diferentes amostras de amêndoa macadâmia em três repetições. Análises de variância individuais para cada atributo foram geradas para cada provador, tendo como fontes de variação amostra e repetição. Esta análise permitiu verificar se os provadores eram capazes de discriminar as amostras apresentando boa repetibilidade e produzindo resultados consensuais com os demais membros da equipe sensorial, ou seja, provadores mostrando  $pF_{\text{amostra}} \leq 0,50$  (nível máximo escolhido de acordo com os resultados obtidos, que mostrou pequeno grau de diferença existente entre as amostras, bem como para a obtenção de um número aceitável de provadores);  $pF_{\text{repetição}} \geq 0,05$  e valores médios consensuais com os demais indivíduos para 80% dos atributos foram selecionados para compor a equipe sensorial descritiva.

Cada provador avaliou as amostras em três repetições, utilizando delineamento de blocos incompletos balanceados para controlar o efeito de contraste entre as amostras<sup>15</sup>. Deste modo, oito amostras foram testadas em três repetições durante oito sessões, por cada provador, sendo que apenas três amostras eram entregues, de forma monádica, ao provador em cada sessão, e cada par de amostras era testada apenas duas vezes durante a realização da análise.

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), tendo como fontes de variação: amostra, provador e interação da amostra por provador. Para cada descritor, testes de comparação de médias Tukey<sup>15</sup> entre as amostras, ao nível de 5% de significância, foram também realizados. Para tal foi utilizado o software SAS (SAS, 1993). Os resultados da ADQ

**Tabela 1.** Condições dos tratamentos das amostras submetidas à secagem por microondas

Amostra	DP ( $\text{W.g}^{-1}$ )	RH ar (%)	Temperaturas (°C)			Umidade da noz (%b.s.)			Tempo (minutos)
			Ar	Set point	Produto	Inicial	Final	Amêndoa	
MW 1	0,349	58,70	$58 \pm 0,5$	64	56 – 61	10,19	3,79	1,51	330
MW 2	0,348	59,60	$62 \pm 0,5$	64	57 – 61	9,80	3,72	1,50	330
MW 3	0,349	57,00	$58 \pm 0,5$	68	60 – 65	9,98	3,70	1,49	270
MW 4	0,349	58,50	$62 \pm 0,5$	68	60 – 55,5	10,19	3,75	1,52	270
MW 5	0,349	58,70	$60 \pm 0,5$	66	58 – 63	9,80	3,73	1,52	300
MW 6	0,349	56,90	$60 \pm 0,5$	66	59 – 63	9,98	3,74	1,54	300
MW 7	0,349	60,30	$60 \pm 0,5$	66	58 – 63	10,19	3,78	1,55	300

DP = densidade de potência; e RH ar = umidade relativa do ar de entrada.

**Tabela 2.** Lista de descritores

Descritor	Definição e referências
Cor bege	Coloração bege associada à noz macadâmia. Fraco: leite condensado marca Moça da Nestlé. Forte: doce de leite em pasta.
Brilho	Capacidade de reflexão da luz. Nenhum: amêndoa macadâmia seca submetida à estufa a 60 °C por 12 horas. Muito: amêndoa macadâmia in natura.
Manchas escuras	Manchas ou pontos escuros associados à divisão (ao meio) da amêndoa. Nenhuma: amêndoa macadâmia sem manchas características e com coloração uniforme. Muita: amêndoa macadâmia com manchas características definidas pela equipe sensorial.
Aroma de noz	Aroma característico de nozes. Pouco: 20 g de amêndoa macadâmia in natura. Muito: 20 g de amêndoa macadâmia seca com umidade de 1,5% bs.
Aroma doce	Aroma característico de nozes. Pouco: 20 g de amêndoa macadâmia in natura. Muito: 20 g de amêndoa macadâmia seca com umidade de 1,5% bs.
Aroma torrado	Aroma característico de produto submetido a calor seco. Nenhum: 20 g de amêndoa macadâmia in natura. Muito: 20 g de castanha de caju torrada Iracema.
Aroma de ranço	Aroma característico de gordura "velha". Nenhum: 20 g de amêndoa macadâmia in natura com data de produção em agosto/2004. Muito: 20 g de castanha do Pará Mr. Valley oxidada com data de produção em agosto/2003.
Sabor de noz	Sabor característico de nozes. Pouco: amêndoa macadâmia in natura. Muito: amêndoa macadâmia seca com umidade de 1,5% b.s.
Gosto doce	Gosto associado a produtos açucarados. Pouco: solução de Sacarose 0,01 g.mL <sup>-1</sup> . Muito: solução de Sacarose 0,05 g.mL <sup>-1</sup> .
Gosto amargo	Gosto associado a café sem açúcar. Nenhum: água. Muito: solução de café torrado e moído 0,04 g.mL <sup>-1</sup> .
Gosto torrado	Gosto característico de produto submetido a calor seco. Nenhum: amêndoa macadâmia in natura. Muito: amêndoa macadâmia seca tratada com microondas a 600 W por 5 min.
Sabor de óleo	Sabor enjoativo que deixa residual oleoso. Pouco: biscoito tipo água e sal Tostines. Muito: óleo de macadâmia extraído em prensa a frio.
Sabor de ranço	Sabor característico de manteiga "velha". Nenhum: amêndoa macadâmia seca com 1,5% b.s. com data de produção agosto/2004. Muito: 20 g de castanha do Pará Mr. Valley oxidada com data de produção agosto/2003.
Adstringente	Sensação residual associada ao "amarrar a boca". Nenhum: amêndoa macadâmia seca com 1,5% b.s. com data de produção agosto/2004. Muito: banana nanica "verde".
Dureza	Resistência inicial à mordida (dente molar). Pouco: amêndoa macadâmia in natura. Muito: amêndoa macadâmia seca submetida à estufa a 60 °C por 12 horas.
Crocância	Percepção associada à força com que o produto salta dos dentes ao quebrar-se durante a mordida (também associada ao som característico do produto ao quebrar-se ao ser mordido). Nenhuma: biscoito tipo maizena marca São Luiz da Nestlé armazenada fora da embalagem em condições ambientes por 24 horas. Muita: biscoito tipo maizena marca São Luiz da Nestlé.
Mastigabilidade	Tempo necessário para a amostra deixar de ser crocante (virar pasta na boca). Pouco: amêndoa macadâmia in natura. Muito: amêndoa macadâmia seca submetida à estufa a 60 °C por 12 horas
Fibrosidade residual	Sensação fibrosa na boca percebida após o final da crocância associada a côco ralado. Pouco: biscoito tipo maizena marca São Luiz da Nestlé. Muito: polpa de coco maduro em pedaços.
Aderência	Sensação de aderência do produto nos dentes. Pouca: amêndoa macadâmia seca submetida à estufa a 60 °C por 12 horas. Muita: bala de goma Gometts da Dori Alimentos.

foram representados graficamente por análise multivariada de análise de componentes principais (ACP).

### 3 Resultados e discussões

Depois da realização do treinamento, descrito anteriormente, foi realizada a seleção da equipe descritiva treinada. Pelos resultados obtidos nesta etapa e com a análise do poder discriminativo e repetibilidade, foram escolhidos oito provadores para a realização da avaliação das amostras. A Tabela 3 resume o resultado final das médias e Teste de Tukey para cada atributo.

No tempo inicial de armazenamento, as amostras que sofreram tratamento com microondas diferiram entre si, MW1 e MW3, a  $p \leq 0,05$ , apenas para o atributo aroma de noz. Após seis meses, as amostras secas com microondas não apresentaram diferenças estatísticas entre si a  $p \leq 0,05$ . No tempo inicial, a amostra CVL caracterizou-se por maior intensidade de brilho, apresentando diferença significativa com a amostra MW1. A

amostra CVL apresentou a maior crocância, diferindo significativamente ( $p \leq 0,05$ ) das amostras MW1 e MW7, as quais possivelmente podem ter adquirido umidade após o final do processo de secagem, pois as amêndoas apresentaram umidade final próxima a das outras amostras. A amostra CVL caracterizou-se ainda pela maior intensidade nos atributos aroma e sabor de ranço. Para aroma de ranço, a CVL diferiu significativamente da amostra MW1 ( $p \leq 0,05$ ) e para sabor de ranço, a CVL diferiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) de todas as demais amostras que foram submetidas a tratamento com microondas. Isso se deve possivelmente ao fato da secagem convencional durar cerca de 144 horas, enquanto que a secagem com microondas durou entre 4,5 e 5,5 horas, ou seja, o fato da amostra convencional ficar exposta a altas temperaturas durante tanto tempo pode ter adiantado os processos oxidativos.

Ao contrário do que ocorreu no tempo inicial, após seis meses de armazenamento, a amostra que se caracterizou por apresentar menor intensidade de brilho foi a amostra controle (CVL), diferindo a  $p \leq 0,05$  da amostra MW7. Com relação ao

**Tabela 3.** Médias dos atributos e resultados do Teste de Tukey.

Descritores	Tempo Inicial								Após seis meses de armazenamento							
	CVL	MW1	MW2	MW3	MW4	MW5	MW6	MW7	CVL	MW1	MW2	MW3	MW4	MW5	MW6	MW7
Cor bege	2,4 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>
Brilho	6,1 <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	5,5 <sup>ab</sup>	5,1 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>ab</sup>	4,8 <sup>ab</sup>	4,4 <sup>ab</sup>	4,7 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>b</sup>	3,1 <sup>ab</sup>	3,0 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>ab</sup>	5,3 <sup>a</sup>
Manchas escuras	2,9 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>
Aroma de noz	5,9 <sup>ab</sup>	3,9 <sup>b</sup>	5,4 <sup>ab</sup>	6,1 <sup>a</sup>	5,4 <sup>ab</sup>	5,5 <sup>ab</sup>	5,4 <sup>ab</sup>	5,0 <sup>ab</sup>	6,1 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	5,7 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>
Aroma doce	2,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	2,1 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>
Aroma torrado	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,5 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	0,7 <sup>ab</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>ab</sup>	0,5 <sup>b</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	0,5 <sup>b</sup>
Aroma de ranço	0,7 <sup>a</sup>	0,1 <sup>b</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	0,5 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	0,3 <sup>ab</sup>	2,5 <sup>a</sup>	1,3 <sup>ab</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	2,2 <sup>ab</sup>	1,0 <sup>b</sup>	2,0 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>ab</sup>	1,4 <sup>ab</sup>
Sabor de noz	6,5 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	6,3 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>	6,3 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>
Gosto doce	3,8 <sup>a</sup>	3,5 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,3 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	3,4 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	2,3 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>
Gosto amargo	0,5 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	1,0 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,9 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	1,3 <sup>ab</sup>	1,1 <sup>ab</sup>	0,7 <sup>b</sup>	1,2 <sup>ab</sup>	0,9 <sup>ab</sup>	0,9 <sup>ab</sup>	0,8 <sup>ab</sup>
Gosto torrado	0,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,1 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,2 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	0,4 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,7 <sup>a</sup>	0,3 <sup>a</sup>	0,6 <sup>a</sup>
Sabor de óleo	5,2 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>
Sabor de ranço	2,3 <sup>a</sup>	0,8 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	0,5 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	0,9 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	3,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>	0,7 <sup>b</sup>	1,7 <sup>ab</sup>	1,8 <sup>ab</sup>	1,5 <sup>b</sup>	1,3 <sup>b</sup>	1,3 <sup>b</sup>
Adstringente	1,5 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,1 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,2 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>
Dureza	6,3 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	4,7 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	4,4 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>
Crocância	7,8 <sup>a</sup>	6,0 <sup>b</sup>	6,4 <sup>ab</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	7,4 <sup>ab</sup>	6,7 <sup>ab</sup>	6,7 <sup>ab</sup>	6,0 <sup>b</sup>	5,1 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,6 <sup>a</sup>
Mastigabilidade	6,4 <sup>a</sup>	5,1 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>	5,3 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	5,5 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>
Fibrosidade residual	3,3 <sup>a</sup>	4,5 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	2,5 <sup>a</sup>
Aderência	1,2 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	1,9 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	2,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>

CVL = amostra seca convencionalmente (ar quente); e MW = amostra seca por microondas e ar quente.

aroma torrado, a CVL apresentou maior intensidade e diferiu a  $p \leq 0,05$  das amostras MW4 e MW7. Por outro lado, a amostra controle foi também a que apresentou maior gosto amargo diferindo apenas da MW3 a  $p \leq 0,05$ . A CVL foi ainda a que apresentou o maior sabor de ranço, sem diferença estatística das amostras MW3 e MW4, porém diferindo de todas as demais ( $p \leq 0,05$ ). Analisando os parâmetros de secagem, observou-se que estas duas amostras, apesar de apresentarem os menores tempos de processos (270 minutos), possuem as maiores temperaturas de ajuste (68 °C) e temperatura de saída do produto (65 °C), o que possivelmente foi determinante para o desenvolvimento de características de rancidez mais expressivas. Contudo não foram suficientes para serem discriminadas das demais amostras submetidas à secagem com microondas.

Comparando os resultados obtidos no tempo inicial com os obtidos aos seis meses, verificou-se através da análise estatística feita anteriormente, uma alteração no perfil sensorial das amêndoas em estudo. Quanto à aparência, em geral observou-se uma queda do brilho da maioria das amostras. Quanto ao aroma, houve queda em todas as amostras de aroma doce, o que possivelmente pode ter refletido no pequeno aumento da percepção de aroma torrado. As amêndoas ainda apresentaram aumento do aroma de ranço, resultado já esperado de acordo com as referências encontradas para produtos com alto teor de lipídeos. Quanto ao sabor, as amostras apresentaram diminuição do sabor característico de noz e sabor doce após o armazenamento. Houve diminuição geral do sabor de óleo bem como aumento do sabor de ranço, o que era esperado

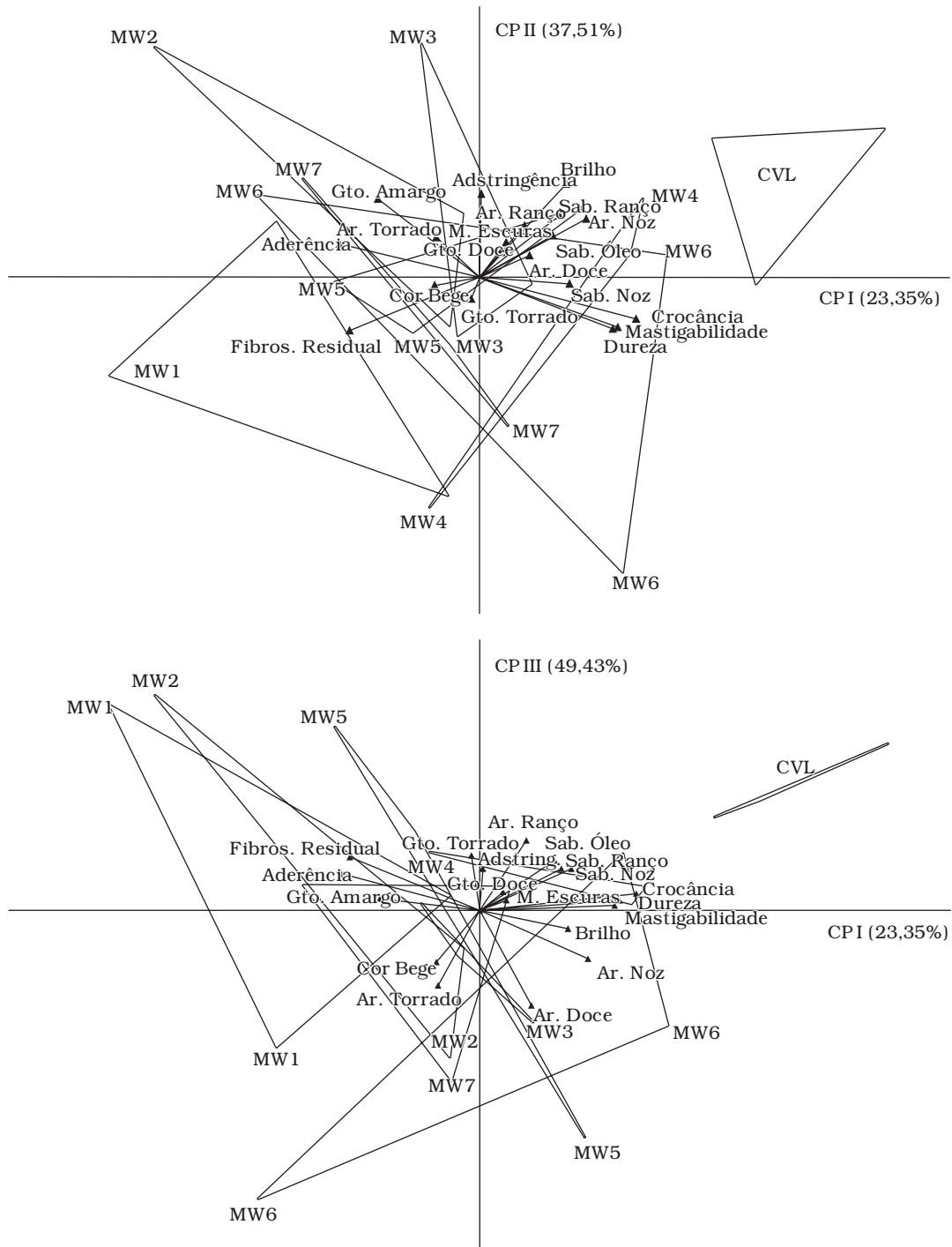
de modo análogo ao aroma de ranço. Em geral, os atributos de textura apresentaram diminuição de sua intensidade: as amostras após seis meses de armazenamento, apresentaram-se com menores crocância, dureza e fibrosidades residuais, bem como perda da crocância mais rápida após o início da mastigação (mastigabilidade). Os demais atributos apresentaram-se praticamente inalterados, caracterizando pouco a variação do perfil sensorial das amostras.

Resultados mais específicos podem ser encontrados na análise multivariada de componentes principais (ACP), demonstrada nas Figuras 2 e 3.

Nos gráficos da ACP (Figura 2 e 3), cada amostra de amêndoa de noz macadâmia é representada por um triângulo, no qual cada vértice corresponde ao valor médio atribuído pela equipe sensorial, em cada repetição. Amostras similares ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores (atributos) que se apresentam mais próximos a elas.

Neste estudo, no tempo inicial de armazenamento, três componentes principais (CPs) foram utilizados que, conjuntamente, explicaram 49,43% da variabilidade total observada entre as amêndoas de noz macadâmia. Após seis meses, a variabilidade entre as amostras foi explicada também com três CPs que, conjuntamente, explicaram 56,98% da variabilidade total observada entre as amêndoas de noz macadâmia.

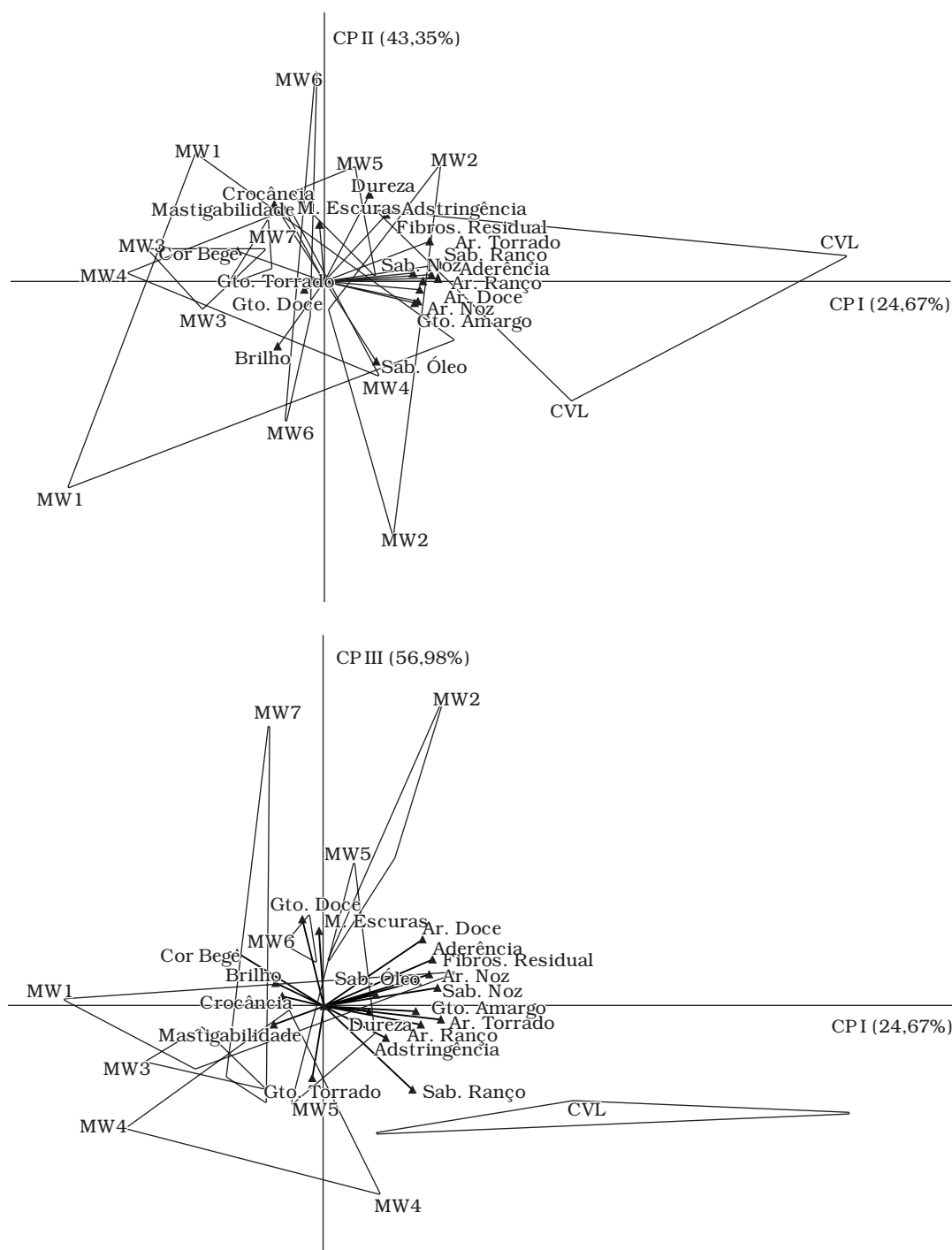
Em ambos os períodos, a ACP separou as oito amostras estudadas em dois grupos distintos: um primeiro grupo composto



**Figura 2.** Gráfico da análise multivariada de componentes principais (ACP) para o perfil sensorial gerado no início do armazenamento (CPIs com valores acumulados).

das amostras submetidas a tratamento com microondas e o segundo, composto pela amostra controle, submetida a tratamento convencional de secagem (CVL). Pode-se observar uma ligeira alteração no perfil sensorial das amostras armazenadas por seis meses. A separação entre as amostras secas com microondas da amostra seca convencionalmente não foi tão expressiva quanto no tempo inicial, provavelmente devido ao desenvolvimento de características comuns como sabor e aroma de ranço e perda da

crocância, da intensidade de aromas e sabores característicos das amêndoas. Deste modo foi possível observar uma nítida aproximação dos grupos, antes destacados no tempo inicial de armazenamento. Observou-se ainda que, em geral, as repetições não apresentaram valores médios próximos, o que pode ser visualizado através da distância entre os vértices dos triângulos. Isto pode ser explicado pela semelhança entre as amostras, que foi comprovada pelo baixo número de atributos que apresentaram



**Figura 3.** Gráfico da análise multivariada de componentes principais (ACP) para o perfil sensorial gerado no final do tempo de armazenamento. (CPs com valores acumulados).

diferença significativa, o que dificulta a discriminabilidade dos provadores. Porém os resultados foram satisfatórios, uma vez que os provadores discriminaram sensorialmente a amostra controle das amostras tratadas com microondas.

A análise multivariada no tempo inicial de armazenamento indicou que a amostra convencional pode ser caracterizada pela crocância, dureza e mastigabilidade, sabor de noz, brilho, bem como pelo sabor e aroma de ranço. As amostras tratadas com

microondas foram caracterizadas por sua vez pela fibrosidade residual, aderência e sabor amargo. No tempo final de armazenamento a análise dos CPs sugeriu que a amostra controle (CVL) pode ser explicada pelos atributos gosto amargo, sabor e aroma de ranço, aroma torrado, adstringência, aderência e fibrosidade residual. As amostras secas sob aplicação de microondas foram caracterizadas por maior intensidade dos atributos crocância, mastigabilidade, brilho e cor bege.

As amostras secas com microondas que possuem o perfil sensorial mais próximo ao do tratamento convencional no tempo inicial de armazenamento, de acordo com a análise multivariada são as amostras MW3 e MW4, as quais tiveram um tempo de secagem (270 min) menor. A amostra MW1, que teve o maior tempo de secagem (330 min), por sua vez, foi a amostra seca com microondas que possuiu o perfil sensorial mais distante do perfil apresentado pela amostra submetida ao tratamento convencional. Esta análise sugeriu que o tratamento com microondas que produz amêndoas com perfil sensorial mais similar ao convencional (tratamento controle do estudo sensorial/CVL) e, portanto, considerado o melhor tratamento, ou o recomendado, foi aquele que obteve o menor tempo de processo (MW3 e MW4), cujos parâmetros de processo foram 270 minutos,  $T_{ajuste} = 68\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $T_{ar} = 58$  e  $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

No final do período de armazenamento as amostras secas com microondas que apresentaram perfil sensorial mais próximo ao perfil sensorial da amostra convencional (CVL) foram a MW2 e MW5, as quais tiveram o maior e segundo maior tempo de secagem (330 e 300 minutos). A amostra MW1 foi ainda a amostra que apresentou perfil sensorial mais distante, a qual teve o maior tempo de secagem e menor temperatura de ar de secagem. Neste período, o perfil sensorial próximo ao convencional representa a amostra com características sensoriais negativas (desenvolvimento de sabor de ranço, amargo, aderência e fibrosidade residual). Comparando com o tempo inicial, pode-se supor que tratamentos que utilizaram maior temperatura de ar de secagem são favoráveis ao desenvolvimento de características sensoriais negativas durante o armazenamento. Portanto, o tratamento proposto pela amostra MW3, aparentemente, foi o que melhor proporcionou amêndoas secas após seis meses de armazenamento.

Fazendo uma avaliação comparativa final do perfil sensorial da amêndoa de noz macadâmia seca com aplicação de microondas/ar quente e através do processo convencional de secagem durante todo o armazenamento viu-se que, se comparado com o processo convencional de secagem de noz macadâmia, que segundo TOLEDO PIZA<sup>23</sup> dura até seis dias com níveis graduados de temperatura entre 40 e 60 °C, a secagem com microondas combinada com ar quente reduz em aproximadamente 29 vezes o tempo de processo, utilizando temperaturas próximas à utilizada pelo método convencional. A redução no tempo da secagem aliada à aplicação de temperaturas semelhantes ao processo convencional possibilitou a produção de amêndoas com perfil sensorial caracterizado por menor aroma e sabor residual de ranço em ambos os períodos de análise (tempo inicial e seis meses de armazenamento) de acordo com os resultados gerados pela análise descritiva quantitativa. A rancificação é citada por CHONG e ONG<sup>5</sup> como sendo a alteração sensorial e físico-química mais expressiva em produtos com alta composição de óleos e gorduras graças à deterioração oxidativa e hidrolítica e por DESROSIER e DESROSIER<sup>9</sup> para produtos submetidos à secagem (altas temperaturas).

#### 4 Conclusões

A análise descritiva quantitativa, responsável por gerar o perfil sensorial das amostras de oito tratamentos em estudo

no tempo inicial e após seis meses de armazenamento, pôde mostrar que, no tempo inicial, dos 19 atributos estudados, apenas quanto ao aroma de noz, ocorreu diferença estatística significativa entre duas amostras secas com microondas, MW1 e MW3. Após seis meses de armazenamento, as amêndoas secas com aplicação de microondas não apresentaram diferenças entre si ao nível de 5% de significância. A amostra com tratamento convencional (CVL) foi, do mesmo modo, semelhante à maioria dos tratamentos com microondas no tempo inicial, apresentando leve gosto de ranço que difere de forma estatística das amostras secas com microondas.

As principais alterações observadas em geral em todas as amostras estudadas durante seis meses de armazenamento foram perda de brilho e atributos de textura (crocância, dureza e mastigabilidade), desenvolvimento de gosto e aroma de ranço, perda de sabor e aroma característicos (noz, doce e intensidade). Alguns atributos descritos não foram expressivos na caracterização do perfil das amêndoas durante o armazenamento (seis meses).

É possível a secagem de noz macadâmia por microondas, sob o ponto de vista sensorial, obtendo-se um produto com características sensoriais semelhantes às do produto seco de forma convencional. A vantagem deste novo processo é o menor impacto quanto à rancificação, proporcionando o desenvolvimento de características de rancidez menos expressivas após o processo de secagem e após 6 meses de armazenamento.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Brasília, DF, BRASIL, pela Bolsa de Doutorado associada a este trabalho.

#### Referências bibliográficas

1. AOAC - Nuts and Nut Products. In: **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist's**. 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 1997, v. 2, cap. 40, p. 40.
2. BARROS NETO, B; SCARMINO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: Ed. Unicamp, 1996.
3. BERTELI, M. N.; MARSAIOLI, Jr., A. Evaluation of short cut pasta air dehydration assisted by microwaves as compared to the conventional drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 68, n. 2, p. 175-183, 2005.
4. CAVALETTO, C. G. Macadamia Nut. In: CHAN, H. Jr. (ed.). **Handbook of Tropical Foods**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1983. p. 361-397.
5. CHONG, C. L.; ONG, A. S. H. **Effect of water in vegetable oils with special reference to palm oil**. In: Seow, C. C. Food Preservation by Moisture Control, Elsevier Applied Science. p. 253-270, Malaysia, 1988.
6. DECAREAU, R. V.; PETERSON, R. A. **Microwave processing and engineering**. Chichester: Ellis Horwood, 1986. 224 p.
7. DIERBERGER, J. E.; NETTO, L. M. **Noz macadâmia** – uma nova opção para a fruticultura brasileira. São Paulo: Nobel, 1985. 120 p.
8. DUKE, J. A. **Handbook of Nuts**. New York: CRC Press, INC., 1989. 343 p.



9. DESROSIER N. W.; DESROSIER J. N. **The technology of Food Preservation**. 4 ed., AVI Publishing Company, p. 240-250, 1977. Westport, CT, E.U.A.
10. KAIJSER, A.; DUTTA, P.; SAVAGE, G. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. **Food Chemistry**, v. 71, n. 1, p. 67-70, 2000.
11. MARSAIOLI, Jr., A.; CUNHA, M. L.; CANTO, M. W., 2003. Secagem de Café Cereja Descascado por Ar Quente e Microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, Brasil, v. 23, n. 3, p. 381-385, 2003.
12. MASON, R. L.; WILLS, R. B. H. Macadamia nut quality research the processing challenge. **Food Australia**, v. 52, n. 9, p. 416-419, 2000.
13. MASON, R. L.; Mc CONACHIE, I. A hard nut to crack. A review of the Australian macadamia nut industry. **Food Australia**, v. 46, n. 10, p. 466-471, 1994.
14. MOSKOWITZ, H. R. **Product testing and sensory evaluation of foods**. Westport: Food & Nutrition Press, 1983. 605 p.
15. O'MAHONY M. **Sensory Evaluation of Foods** – Statistical Methods and Procedures, New York and Basel: Marcel Dekker Inc., 1986, 478 p.
16. SACRAMENTO, C. K. A macadamicultura no Brasil. In: São José, A. R. Macadâmia. **Tecnologia de produção e comercialização**. DFZ/UESB, 1991. p. 192-197.
17. SAS Institute, **SAS user's guide: statistics**. Cary, USA: SAS Inst., 1993.
18. SILVA, F. A. et al. Microwave assisted drying of macadamia nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 3, p. 550-558, 2006.
19. SILVA, F. A.; MARSAIOLI, A. Jr. Estudo comparativo da conservação de castanha-do Brasil (*Bertholletia excelsa*) seca por microondas e convencionalmente. **B.CEPPA**, Curitiba, PR, v. 22, n. 2, p. 387-404, jul./dez. 2004.
20. SOUSA, W. A. et al. Sensory Evaluation of Dried Bananas Obtained from Air Dehydration Assisted by Microwaves: Advances in Microwave & Radio Frequency Processing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MICROWAVE AND HIGH FREQUENCY HEATING, 8., **Reports...** Bayreuth, Germany, Sept.3-7, 2001, Editor: Monika Willert-Porada, Springer Verlag, p. 289-302, 2001.
21. STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Academic Press. New York, USA, 1993. 338 p.
22. STONE, H. et al. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 28, n.11, p. 24-34, nov., 1974.
23. TOLEDO PIZA, P. L. B. **Segunda etapa de secagem da noz macadâmia**. Botucatu, 2000. 93 f.. Tese (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP